

文章编号: 1005-0523(2005)01-0021-05

扩展厢式车厢体展开工作状态下强度分析

李慧梅¹, 蒋美华²

(军事交通学院 1. 汽车工程系; 2. 科研部, 天津 300161)

摘要:提出了一种新的合理的加强筋夹芯复合板有限元模型建模方法;在此方法基础上建立了扩展厢式车厢体展开状态下有限元模型,并对其进行了强度分析.根据分析结果,提出了结构改进建议.

关键词:扩展厢式车; 厢体; 强度分析

中图分类号: TM392.3

文献标识码: A

1 引言

扩展厢式车拥有广泛的应用空间,可用于指挥、通讯、医疗等各个方面.扩展厢式车厢体是该车的关键总成,其直接影响整车的综合性能.针对扩展厢式车厢体荷重比小这一问题,本文取厢体常处的较恶劣的展开工作状态对厢体进行强度分析.

2 有限元分析模型的建立

2.1 扩展厢式车厢体展开状态下结构特点

扩展厢式车厢体包括三部分:主厢体和两个侧厢体.扩展厢式车厢体结构左右基本上对称,各厢体是由加强筋夹芯复合板通过各种连接组合而成的.其结构外形图如图1所示.

扩展厢式车厢体底部设计安装有底框平台,底框平台固定在抗扭平台上,抗扭平台再与底盘采用刚性和柔性相结合的连接方式连接,从而实现厢体与底盘的连接.

2.2 厢体有限元分析模型的建立

2.2.1 加强筋夹芯复合板建模方法研究

扩展厢式车厢体壁板采用的是加强筋夹芯复

合板.其具体结构如图2所示.

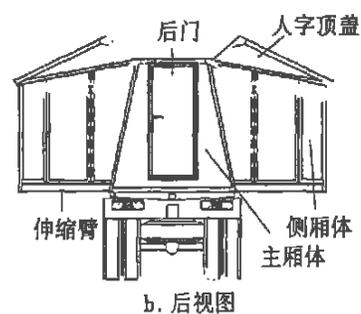
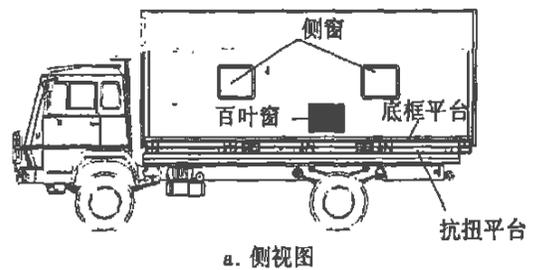


图1 扩展厢式车整车外形结构图(展开状态)

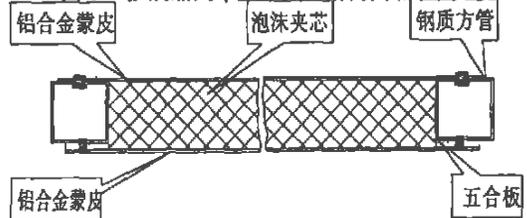


图2 加强筋夹芯复合板结构示意图

收稿日期: 2004-06-20

作者简介: 李慧梅, (1978-), 女, 黑龙江林口县人, 硕士, 助教.

加强筋夹芯复合板独特的承载方式、复杂的结构,引起由其组成的大型复杂结构有限元模型的建立比较困难.通过分析比较目前常用的几种建模方法^[1-3],提出本文采用的建模方法:

首先,采用等效挠曲弹性模量的方法将加强筋等效成与其具有相同截面尺寸的实心矩形梁,其模型如图3所示.然后,利用 ANSYS 提供的层合结构壳单元 shell99 对等效部分划分网格,选用夹芯结构壳单元 shell91 对夹芯部分划分网格.

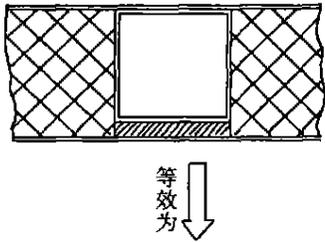


图3 加强筋夹芯复合板等效模

2.2.2 有限元分析模型的建立

从实际结构到有限元分析模型,采取了适当的简化处理.主要有以下几点:

- 1) 将厢体各壁板简化成板,伸缩臂简化成杆;
- 2) 略去尺寸较小的圆孔或螺栓孔;
- 3) 不考虑门、窗及孔口的影响;
- 4) 忽略了厢体连接板块之间的外包角、铝角件等,而将板块直接粘接在一起;
- 5) 将翻转地板、人字顶盖的影响计算成作用力考虑进去.
- 6) 由于厢体载荷和结构具有对称性,取一半建模.

分析模型中单元网格的划分及所采用单元的大小直接影响计算的精度.本文在划分网格时控制单元大小为 60 mm,然后对关键部位及关心部位细化.针对扩展厢式车支腿是否支撑着地,分别建立了支腿撤收时和支腿支撑着地时的厢体有限元模型,如图4、5所示,对扩展厢式车厢体进行展开工作状态下的强度分析就是在该模型的基础上进行的.

另外,完整的厢体分析用有限元模型还包括伸缩臂模型.选用梁单元 BEAM188 来模拟.梁单元的节点取在伸缩臂的中心轴上.这样前面介绍的厢体有限元模型和伸缩臂模型是分离的,而实际上二者是连在一起的,这时可以认为二者的相邻节点存在

刚体的约束关系,按主、从自由度关系进行处理^[4].

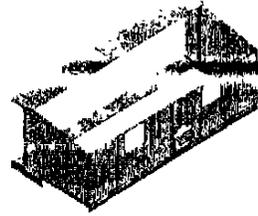


图4 厢体有限元模型(支腿撤收)

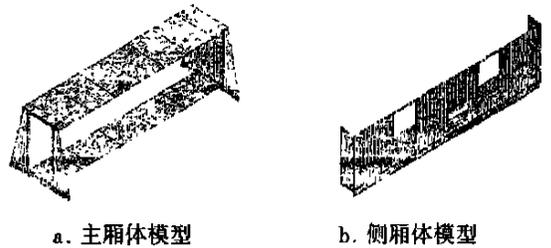


图5 厢体有限元模型(支腿支撑着地)

2.3 边界条件的确定

2.3.1 主厢体边界条件的建立

扩展厢式车在展开状态下,主要有两种情况:支腿全部支撑着地和支腿全缩.不管在哪种情况下,主厢体都是通过底框平台、抗扭平台和底盘相连的.首先,扩展厢式车在展开工作前,操作人员应尽量选择比较平坦的工作场所进行展开作业;其次,由于抗扭平台的作用,即使工作地点稍有不平主厢体底壁也会比较水平.另外,底框平台是由伸缩套管梁四周加有边梁构成的,强度和刚度都比较大,这相当于底框平台给底壁很强的约束.综合以上原因,将主厢体底壁与底框平台相焊接处固定住,约束其所有自由度;同时,在图4所示模型的主厢体中心对称边上加对称约束.

2.3.2 侧厢体边界条件的建立

扩展厢式车展开后其侧厢体相当于坐落在伸缩臂的端头上.在支腿全缩时,有些类似于一个厢体放在几根悬臂梁上.由于底框平台强度和刚度都较大,可以认为伸缩套管无变形,故约束伸缩臂位于伸缩套管内一端的自由度.

厢体展开后,为使支腿起作用,其支腿支撑着地后支腿总长度应大于侧厢体离地高度,这就相当于给侧厢体施加了一个向上的位移,故在支腿支撑着地时,在前面所述伸缩臂加约束的基础上,给侧厢体在支腿作用处施加一个向上的非零位移约束.支腿液压缸行程为:680 mm.在满载时侧厢体支腿未伸出前其最下部离地高度为 672 mm.在侧厢体支

腿支撑着地前,主支腿已经打开,主支腿一定给厢体向上的一个位移,故支腿给侧厢体的非零位移小于 8 mm.在本文中给了 8 mm 非零位移进行分析,条件相对来说更苛刻.

3 载荷加载、计算工况的确定

3.1 计算工况的确定

针对扩展厢式车展开状态下的实际工作情况及载重汽车的设计标准,取如下四种工况:

- 1) 支腿全部撤收,厢体装载为额定载荷,其中主厢体固定地板占 60%,侧厢体固定地板各占 10%,侧厢体翻转地板各占 10%;
- 2) 支腿全部支撑着地,装载情况同 I;
- 3) 支腿全部撤收,厢体装载为额定载荷的 1.25 倍,分布情况同 I;
- 4) 支腿全部支撑着地,装载情况同 III.

3.2 载荷的简化及加载

不同工况所加载荷也各不相同.工况 I 和工况 III 下的有限元模型所加载荷种类一样,只是个别力大小不一样,具体所加载荷和加载方式见表 1.

表 1 工况 I 和 III 下厢体所加载荷

载荷名称	加载方式
右人字顶盖对主厢体的作用力	对右人字顶盖进行简化、计算分析,得到其对主厢体的作用力,然后均布到主厢体的相应边上
翻转地板对主厢体的作用力	通过对翻转地板进行受力分析,得到其对主厢体的作用力,然后均布到主厢体的相应边上
各壁板重力	将各壁板重力均布加在各壁板的节点上
右人字顶盖对侧厢体的作用力	对右人字顶盖进行简化、计算分析,得到其对侧厢体的作用力,然后按集中载荷加在侧厢体的相应部位上
附件重力	按面载荷均布到相应部位上
空调重力	按面载荷均布到相应部位上
主厢体地板上的外加均布载荷	按面载荷均布到相应部位上
侧厢体地板上的外加均布载荷	按面载荷均布到相应部位上

工况 II 和工况 IV 下的有限元模型所加载荷种类一样,只是个别力大小不一样,具体所加载荷和加载方式见表 2.

表 2 工况 II 和 IV 下厢体所加载荷

载荷名称	加载方式
右人字顶盖对主厢体的作用力	对右人字顶盖进行简化、计算分析,得到其对主厢体的作用力,然后均布到主厢体的相应边上

左人字顶盖对主厢体的作用力	对左人字顶盖进行简化、计算分析,得到其对主厢体的作用力,然后均布到主厢体的相应边上
右人字顶盖对主厢体的作用力	对右人字顶盖进行简化、计算分析,得到其对主厢体的作用力,然后均布到主厢体的相应边上
翻转地板对主厢体的作用力	通过对翻转地板进行受力分析,得到其对主厢体的作用力,然后均布到主厢体的相应边上
各壁板重力	将各壁板重力均布加在各壁板的节点上
折叠壁重力引起的对主厢体的作用力	对折叠壁进行受力分析,得到其对主厢体的作用力,然后按集中载荷加在主厢体的相应部位上
折叠壁重力引起的对侧厢体的作用力	对折叠壁进行受力分析,得到其对侧厢体的作用力,然后均布到侧厢体的相应边上
右人字顶盖对侧厢体的作用力	对右人字顶盖进行简化、计算分析,得到其对侧厢体的作用力,然后按集中载荷加在侧厢体的相应部位上
附件重力	按面载荷均布到相应部位上
空调重力	按面载荷均布到相应部位上
主厢体地板上的外加均布载荷	按面载荷均布到相应部位上
侧厢体地板上的外加均布载荷	按面载荷均布到相应部位上

4 计算与试验结果分析

4.1 试验结果与计算结果的对比

为验证有限元模型的正确性,同时进行厢体强度校核,对厢体进行了静应力试验.试验采用电阻应变测量技术,采用的是 YJ-18 型静态电阻应变仪,试验工况与计算工况相同.厢体测点布置位置见图 6、7.各种工况下的应力测试试验均给出了 40 个测量点的应力.但厢体进行有限元分析时,是取一半进行建模,所以取与厢体有限元模型相对应的部分测点的测试结果与计算结果作对比分析.各种工况下所取部分测点的应力试验值和计算值见表 3.

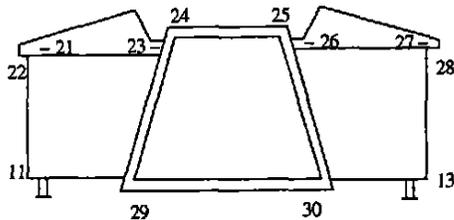


图 6 厢体前端面(前视)布点图

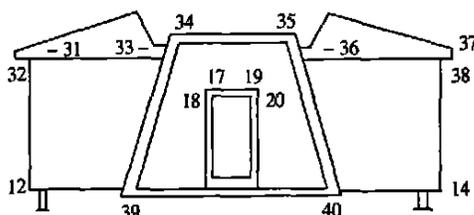


图 7 厢体后端面(后视)布点图

表3 部分测点的应力值

测点	工况 I			工况 II		
	试验值 (MPa)	分析值 (MPa)	误差 (%)	试验值 (MPa)	分析值 (MPa)	误差 (%)
11	13.02	12.418496	4.6	14.28	13.98345	2.0
14	6.30	6.006	4.7	-17.22	-16.1959	6.0
19	-3.41	-3.87194	13.5	-5.68	-5.6389	0.7
20	-2.41	-2.1938	9.0	-4.19	-4.656	11.1
22	7.35	7.25079	1.4	7.98	7.01532	12.2
24	-4.41	-4.72468	7.1	-3.99	-3.60615	9.6
29	0.21	0.210946	0.45	3.57	3.11092	12.9
35	1.47	1.46365	0.43	2.10	2.3938	14.0
38	1.89	1.74838	7.5	2.10	2.2873	8.9
40	0.84	0.874317	4.0	1.05	1.01246	3.6

表3 (续)

测点	工况 III			工况 IV		
	试验值 (MPa)	分析值 (MPa)	误差 (%)	试验值 (MPa)	分析值 (MPa)	误差 (%)
11	14.28	13.34965	6.5	15.96	14.0397	12.0
14	7.35	6.50564	11.4	-18.69	-18.255	3.7
19	-3.90	-4.07327	4.4	-5.89	-5.63826	4.3
20	-2.70	-3.03388	12.4	-4.33	-4.856	12.1
22	8.82	7.64896	13.3	7.35	7.01619	4.5
24	-1.47	-1.35075	8.1	-1.68	-1.50627	10.3
29	0.42	0.410946	2.1	3.99	3.59046	10.0
35	3.57	3.45462	3.2	2.52	2.67813	6.3
38	2.73	2.44598	10.4	-1.05	-1.18697	13.0
40	1.47	1.271657	13.5	2.31	2.46731	6.8

对比各种工况下的计算结果与试验结果可以发现,有限元分析计算值与实测值相差不大,最大误差为14%,在15%工程计算允许误差内,这表明建立的有限元分析模型、约束条件和载荷条件都是正确的.

4.2 计算结果

4.2.1 工况 I 和工况 III 计算结果

从工况 I 计算结果可以看出,在主厢体后壁靠近门框下角处出现最高应力区,最高应力值为 119 Mpa;在主厢体后壁门框上角右侧部分和主厢体顶壁靠近后壁部位的外侧处出现次高应力区;另外,在主厢体顶壁中部和其靠近前壁部位的外侧处应力相对较大,其它部位应力值均很小.

工况 III 计算结果与工况 I 计算结果极接近,不再赘述.

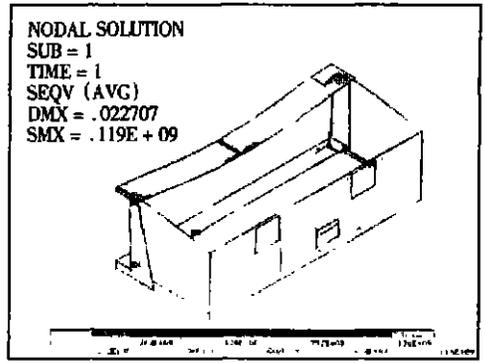
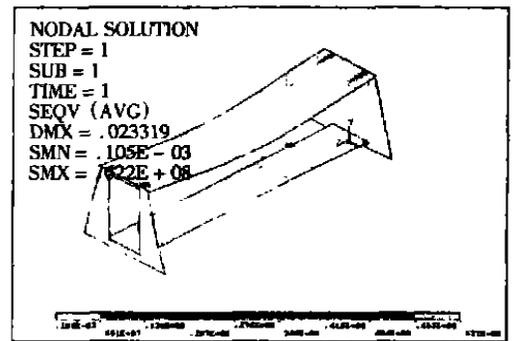
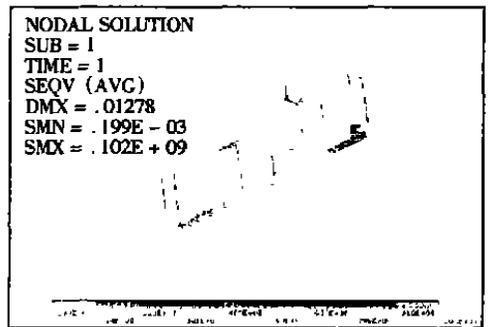


图8 工况 I 下应力图

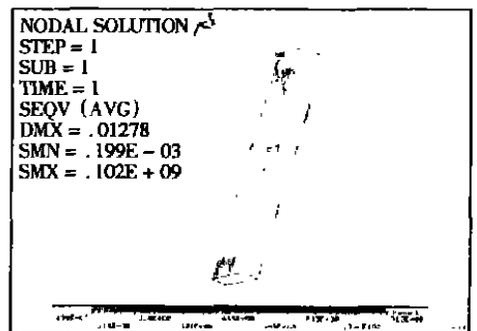
4.2.2 工况 II 和工况 IV 计算结果



a. 主厢体应力图



b. 侧厢体应力图 I



c. 侧厢体应力图 II

图9 工况 II 下应力图

从工况Ⅱ计算结果可以看出,整个模型的最高应力区发生在侧厢体前支腿作用部位附近,最高应力值为102 MPa;从侧厢体应力图中可看到,支腿作用部位附近的侧壁和固定地板的应力较大,其扩散部位也较大,其它部位应力较小;主厢体的顶壁和前、后壁结合部位靠近门框处、门框上顶角处以及后壁与固定地板结合部位靠近门框处均出现较高应力区,主厢体的其它部位应力较小。从工况Ⅰ和工况Ⅱ的分析结果,可以看出支腿使主厢体受力明显变好,应力值降低;同时侧厢体受力变的不均匀,应力值增加,但最大应力值还是有所降低,体现了支腿的作用。

工况Ⅳ计算结果与工况Ⅱ计算结果极接近,不再赘述。

4.3 计算结果分析

各种工况下的最大应力值为119 MPa,而屈服极限为160 MPa^[5],满足强度要求;但从应力图中可看出,厢体应力除有几处应力集中区外,大部分地方应力较小,因此厢体强度有很大的改进空间。

1) 折叠壁部位。应用查询命令查到其最大应力15 MPa,而屈服极限为160 MPa,安全系数为10.67,过于安全,可以考虑从整体上降低其强度,比如减小蒙皮厚度。

2) 从应力图中看到,侧厢体只有在支腿作用部位附近应力较大,而侧厢体各壁板设计强度相同,鉴于此可以考虑整体上降低侧厢体强度,然后对支腿作用部位局部加强。

3) 主厢体固定地板是主要装载部位,但是其坐落在底框平台上,底框平台大大增强了主厢体固定地板的强度和刚度,这从应力图中可以看出,所以可以减少主厢体固定地板的加强筋和钢板,以减轻重量。

5 结束语

扩展厢式车厢体是该车的关键总成,其设计水平直接影响整车的综合性能。

为此,有必要对扩展厢式车厢体进行强度分析,以提高其设计水平,减轻厢体重量等。本文应用有限元方法,对厢体进行了常处的较恶劣的展开工作状态下的强度分析,并对计算结果进行了分析,为今后扩展厢式车的改进设计提供了方向。

参考文献:

- [1]马永斌,等.特种航空集装箱仿真设计[J].军事交通学院学报,2003.
- [2]姜勇.厢式车车厢板件蒙皮的优化设计[J].上海汽车,2003.
- [3]李敏堂.夹芯复合板车厢结构应力分析的应用研究[C].军事交通学院硕士论文,2003.
- [4]黄天泽,黄金陵.汽车车身结构与设计[M].北京:机械工业出版社,1992.
- [5]同济大学、上海交通大学等院校《机械设计制图手册》编写组.机械设计制图手册[M].上海:同济大学出版社,1992.

Strength Analysis of Extendable Van Body in Extendable Work Condition

LI Hui-mei¹, JIANG Mei-hua²

(1. Dept. of Auto Engineering, Military Traffic Institute, Tianjin 300161; 2. Dept. of Scientific Research, Military Traffic Institute, Tianjin 300161, China)

Abstract: This paper puts forward a reasonable method of establishing the finite element model for sandwich panel with ribs. On the basis of the method, the FEA (finite element analysis) model of the van body in extendable work condition is established and the structure strength analysis of the van body is proceeded. According to the analysis results, modification suggestions of structure are given.

Key words: extendable van; van body; strength analysis